

# 液体噴射ヘッド及び液体噴射装置

## 発明の背景

### 発明の分野

本発明は、液体を噴射するノズル開口と連通する圧力発生室の一部を振動板で構成し、この振動板の表面に圧電素子を形成して、圧電素子の変位により液体を噴射させる液体噴射ヘッド及び液体噴射装置に関する。

### 先行技術の説明

液体噴射装置としては、例えば、圧電素子や発熱素子によりインク滴吐出のための圧力を発生させる複数の圧力発生室と、各圧力発生室にインクを供給する共通のリザーバと、各圧力発生室に連通するノズル開口とを備えたインクジェット式記録ヘッドを具備するインクジェット式記録装置があり、このインクジェット式記録装置では、印字信号に対応するノズルと連通した圧力発生室内のインクに吐出エネルギーを印加してノズル開口からインク滴を吐出させる。

このようなインクジェット式記録ヘッドには、前述したように圧力発生室として圧力発生室内に駆動信号によりジュール熱を発生する抵抗線等の発熱素子を設け、この発熱素子の発生するバブルによってノズル開口からインク滴を吐出させるものと、圧力発生室の一部を振動板で構成し、この振動板を圧電素子により変形させてノズル開口からインク滴を吐出させる圧電振動式の２種類のものに大別される。

また、圧電振動式のインクジェット式記録ヘッドには、圧電素子を軸方向に伸長、収縮する縦振動モードの圧電アクチュエータを使用したものと、たわみ振動モードの圧電アクチュエータを使用したものの２種類が実用化されている。

前者は圧電素子の端面を振動板に当接させることにより圧力発生室の容積を変化させることができ、高密度印刷に適したヘッドの製作が可能である反面、圧電素子をノズル開口の配列ピッチに一致させて櫛歯状に切り分けるという困難な工程や、切り分けられた圧電素子を圧力発生室に位置決めして固定する作業が必要となり、製造工程が複雑であるという問題がある。

これに対して後者は、圧電材料のグリーンシートを圧力発生室の形状に合わせて貼付し、これを焼成するという比較的簡単な工程で振動板に圧電素子を作り付

けることができるものの、たわみ振動を利用する関係上、ある程度の面積が必要となり、高密度配列が困難であるという問題がある。

一方、後者の記録ヘッドの不都合を解消すべく、特開平5-286131号公報に見られるように、振動板の表面全体に互って成膜技術により均一な圧電材料層を形成し、この圧電材料層をリソグラフィ法により圧力発生室に対応する形状に切り分けて各圧力発生室毎に独立するように圧電素子を形成したものが提案されている。

これによれば圧電素子を振動板に貼付ける作業が不要となって、リソグラフィ法という精密で、かつ簡便な手法で圧電素子を高密度に作り付けることができるばかりでなく、圧電素子の厚みを薄くできて高速駆動が可能になるという利点がある。

ここで、圧電素子は、例えば、シリコン単結晶基板の一方面側に下電極、圧電体層及び上電極を順々に積層することによって形成されている。また、圧電体層は、一般的に、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）等からなる多結晶薄膜であり、各結晶間の界面、すなわち、粒界が数多く存在した柱状の結晶構造を有している。

。

そして、上述したインクジェット式記録ヘッドでは、例えば、圧電体層をサンドイッチ状に挟んだ下電極及び上電極に外部配線等から駆動電圧を印加し、圧電体層に所定の駆動電界を発生させて圧電素子及び振動板等をたわみ変形させることにより、圧力発生室の内部圧力が実質的に高められてノズル開口からインク滴が吐出するようになっている。

このような従来のインクジェット式記録ヘッドは、圧電体層の結晶構造内に粒界が数多く存在しているため、この粒界が圧電体層の伸縮、すなわち、柱状結晶の伸縮を妨げる原因となる。このため、圧電素子の変位量を所定値にすることができず、圧電体層に一定の駆動電界を発生させた場合の圧電素子の変位量が最大の状態、すなわち、最大出力でのインク吐出を行うことができないという問題がある。また、圧電体層に所定の駆動電界を発生させても、このように粒界の影響によって、圧電素子の圧電特性が実質的にバラついてしまうという問題もある。

なお、このような問題は、インクジェット式記録ヘッドに限って発生するもの

ではなく、勿論、他の液体噴射ヘッドにおいても同様に発生する。

#### 発明の概要

本発明は、このような事情に鑑み、圧電素子の圧電特性を略均一にすることができると共に最大出力で液体吐出を行うことができる液体噴射ヘッド及び液体噴射装置を提供することを課題とする。

上記課題を解決する本発明の第1の態様は、ノズル開口に連通する圧力発生室が形成される流路形成基板と、該流路形成基板の一方面側に振動板を介して設けられる下電極、圧電体層及び上電極からなる圧電素子とを具備する液体噴射ヘッドにおいて、前記流路形成基板の一方面側に形成された酸化ジルコニウム層と、該酸化ジルコニウム層上に形成された酸化セリウム層と、該酸化セリウム層上に形成されたイットリウム－バリウム－銅－酸素系材料（YBCO）からなる超電導体層と、該超電導体層上に形成されたルテニウム酸ストロンチウムからなる下電極と、該下電極上に形成された圧電体層とを有することを特徴とする液体噴射ヘッドにある。

かかる第1の態様では、圧電体層の結晶構造の単結晶化を実現することができる。これにより、圧電素子の圧電特性を略均一にすることができると共に最大出力で液体吐出を行うことができる。

本発明の第2の態様は、第1の態様において、前記下電極の結晶面方位が（100）配向となっており、前記圧電体層の結晶面方位が（100）配向となっていることを特徴とする液体噴射ヘッドにある。

かかる第2の態様では、圧電体層の結晶面方位が（100）配向となり、圧電素子の圧電特性を実質的に高めることができる。

本発明の第3の態様は、第2の態様において、前記圧力発生室の長手方向は、前記圧電体層の結晶面方位（100）に含まれる（100）方向と同一又は45°の方向であることを特徴とする液体噴射ヘッドにある。

かかる第3の態様では、圧電体層の結晶面方位が（100）配向となり、圧電素子の圧電特性を実質的に高めることができる。

本発明の第4の態様は、第1～3の何れかの態様において、前記圧電体層は、結晶が菱面体晶であることを特徴とする液体噴射ヘッドにある。

かかる第４の態様では、圧電体層を所定の薄膜工程で成膜した結果、圧電体層の結晶構造が菱面体晶となる。

本発明の第５の態様は、第１～４の何れかの態様において、前記圧電体層は、チタン酸ジルコン酸鉛（P Z T）からなることを特徴とする液体噴射ヘッドにある。

かかる第５の態様では、優れた圧電特性を有する圧電体層を形成することができる。

本発明の第６の態様は、第１～５の何れかの態様において、前記圧電体層は、エピタキシャル成長させた単結晶 P Z T 薄膜であることを特徴とする液体噴射ヘッドにある。

かかる第６の態様では、圧電体層の結晶性が結晶面方位（１００）に成長し、圧電体層の結晶面方位が（１００）配向となる。そして、圧電体層が単結晶 P Z T 薄膜となる。

本発明の第７の態様は、第１～６の何れかの態様において、前記流路形成基板は、結晶面方位が（１００）であるシリコン単結晶基板であることを特徴とする液体噴射ヘッドにある。

かかる第７の態様では、結晶面方位（１００）のシリコン単結晶基板上に、結晶面方位が（１００）配向となる酸化ジルコニウム層、酸化セリウム層、超電導体層及び下電極の各層を確実に形成することができる。したがって、このような結晶面方位が（１００）配向した下電極上に形成される圧電体層の結晶面方位を（１００）配向とすることができる。

本発明の第８の態様は、第７の態様において、前記圧力発生室がシリコン単結晶基板にドライエッチングにより形成され、前記圧電素子の各層が成膜及びリソグラフィ法により形成されたものであることを特徴とする液体噴射ヘッドにある。

かかる第８の態様では、所定形状の圧力発生室及び圧電素子を確実に形成することができる。

本発明の第９の態様は、第１～８の何れかの液体噴射ヘッドを具備することを特徴とする液体噴射装置にある。

かかる第9の態様では、圧電素子の圧電特性が略均一であり且つ最大出力で液体吐出を行うことができる液体噴射ヘッドを搭載した液体噴射装置を提供することができる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施形態1に係る液体噴射ヘッドの分解斜視図である。

図2は、本発明の実施形態1に係る液体噴射ヘッドの平面図及びA-A'断面図である。

図3は、本発明の実施形態1に係る図2AのB-B'断面図である。

図4は、本発明の実施形態1に係る実施例1の圧電体層のX線回折パターンを示す図である。

図5は、本発明の実施形態1に係る実施例1のサンプルを結晶構造解析する際に比較対象とした比較例1の圧電体層のX線回折パターンを示す図である。

図6は、本発明の実施形態1に係る実施例及び比較例のサンプルの走査型電子顕微鏡（SEM）写真を示す図であって、図6Aが比較例1の断面写真であり、図6Bが実施例1の断面写真である。

図7は、本発明の実施形態1に係る実施例1のサンプルの断面の透過型電子顕微鏡（TEM）写真である。

図8は、本発明の実施形態1に係る電子回折像であって、図8Aが結晶面方位（100）に配向した圧電体層の菱面体晶系のサンプル像であり、図8Bが下電極膜上に結晶面方位（100）に配向した圧電体層のサンプル像であり、図8Cが実施例1の圧電素子像である。

図9は、本発明の実施形態1に係る実施例1の圧電体層のX線極点測定パターンである。

図10は、本発明の実施形態に係る液体噴射装置の概略斜視図である。

#### 発明の詳細な説明

以下に本発明を実施形態に基づいて詳細に説明する。

##### （実施形態1）

図1は、本発明の実施形態1に係る液体噴射ヘッドの概略を示す分解斜視図であり、図2は、図1の平面図及びA-A'断面図である。また、図3は、図2A

のB-B' 断面図である。

図示するように、流路形成基板10は、本実施形態では結晶面方位が(100)であるシリコン単結晶基板からなり、その一方面には予め熱酸化により形成した酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )からなる、厚さ1~2 $\mu\text{m}$ の弾性膜50が形成されている。

この流路形成基板10には、シリコン単結晶基板をその一方面側からドライエッチングすることにより、複数の隔壁11によって区画された圧力発生室12が幅方向に並設されている。このような圧力発生室12の長手方向は、後述する圧電体層の結晶面方位(100)に含まれる(100)方向と同一又は45°の方向であることが好ましい。本実施形態では、圧力発生室12の長手方向を圧電体層の(100)方向と同一方向とした。

また、圧力発生室12の長手方向外側には、後述する封止基板30のリザーバ部31と連通される連通部13が形成されている。また、この連通部13は、各圧力発生室12の長手方向一端部でそれぞれ液体供給路14を介して連通されている。なお、このような液体供給路14の幅は、本実施形態では、圧力発生室12の幅よりも小さくなっている。

さらに、圧力発生室12等が形成される流路形成基板10の厚さは、圧力発生室12を配設する密度に合わせて最適な厚さを選択することが好ましい。例えば、1インチ当たり180個(180dpi)程度に圧力発生室12を配置する場合には、流路形成基板10の厚さは、180~280 $\mu\text{m}$ 程度、より望ましくは、220 $\mu\text{m}$ 程度とするのが好適である。また、例えば、360dpi程度と比較的高密度に圧力発生室12を配置する場合には、流路形成基板10の厚さは、100 $\mu\text{m}$ 以下とするのが好ましい。これは、隣接する圧力発生室12間の隔壁11の剛性を保ちつつ、配列密度を高くできるからである。

なお、流路形成基板10の開口面側には、各圧力発生室12の液体供給路14とは反対側で連通するノズル開口21が穿設されたノズルプレート20が接着剤や熱溶着フィルム等を介して固着されている。

一方、流路形成基板10の開口面とは反対側の弾性膜50上には、図3に示すように、酸化ジルコニウム層101と、酸化セリウム層102と、超電導体層1

03とが順々に積層形成され、これら3層の全体の厚さは、例えば、約10nmである。

酸化ジルコニウム層101は、フルオライト( $\text{CF}_3$ )構造を有しており、弾性膜50上にエピタキシャル成長させた薄膜である。そして、この酸化ジルコニウム層101の結晶性は、流路形成基板10と同じ配向性、すなわち、結晶面方位が(100)に配向している。なお、酸化ジルコニウム層101を形成する材料としては、例えば、イットリア安定化ジルコニア(YSZ)やジルコニア( $\text{ZrO}_2$ )等を挙げることができ、本実施形態では、YSZを用いた。

また、酸化セリウム層102は、酸化ジルコニウム層101と同様に、フルオライト( $\text{CF}_3$ )構造を有しており、酸化ジルコニウム層101上にエピタキシャル成長させた薄膜である。そして、この酸化セリウム層102の結晶性も酸化ジルコニウム層101と同様に、下地である酸化ジルコニウム層101と同じ配向性、すなわち、結晶面方位が(100)に配向している。

さらに、超電導体層103は、ペロブスカイト構造に類似した結晶構造を有しており、酸化セリウム層102上にエピタキシャル成長させた薄膜である。そして、この超電導体層103の結晶性も酸化セリウム層102と同様に、下地である酸化セリウム層102と同じ配向性、すなわち、結晶面方位が(100)に配向している。なお、超電導体層103を形成する材料は、イットリウム-バリウム-銅-酸素系材料(YBCO)であり、例えば、酸化イットリウム( $\text{Y}_2\text{O}_3$ )、酸化バリウム( $\text{BaO}$ )、酸化銅(II)( $\text{CuO}$ )からなる複合酸化物が挙げられる。

また、このような結晶面方位が(100)配向した超電導体層103上には、厚さが例えば、約100nmの下電極膜60と、厚さが例えば、0.2~5 $\mu\text{m}$ の圧電体層70と、厚さが例えば、50~100nmの上電極膜80とが順々に積層形成され、圧電素子300を構成している。ここで、圧電素子300は、下電極膜60、圧電体層70、及び上電極膜80を含む部分をいう。一般的には、圧電素子300の何れか一方の電極を共通電極とし、他方の電極及び圧電体層70を各圧力発生室12毎にパターンニングして構成する。そして、ここではパターンニングされた何れか一方の電極及び圧電体層70から構成され、両電極への電圧

の印加により圧電歪みが生じる部分を圧電体能動部という。本実施形態では、下電極膜60は圧電素子300の共通電極とし、上電極膜80を圧電素子300の個別電極としているが、駆動回路や配線の都合でこれを逆にしても支障はない。何れの場合においても、各圧力発生室毎に圧電体能動部が形成されていることになる。また、ここでは、圧電素子300と当該圧電素子300の駆動により変位が生じる振動板とを合わせて圧電アクチュエータと称する。そして、振動板は、本実施形態では、弾性膜50、下電極膜60、酸化ジルコニウム層101、酸化セリウム層102及び超電導体層103から構成されている。

なお、このような各圧電素子300の上電極膜80には、例えば、金(Au)等からなるリード電極85がそれぞれ接続されている。そして、このようなリード電極85は、後述する駆動ICと電氣的に接続されている。

ここで、圧電体層70の下地である下電極膜60は、本実施形態では、上述した酸化ジルコニウム層101、酸化セリウム層102及び超電導体層103の3層と同様に、超電導体層103上にエピタキシャル成長させた薄膜である。そして、この下電極膜60は、下地である超電導体層103と同じ配向性、すなわち、結晶面方位(100)に配向している。なお、このような下電極膜60は、本実施形態では、ルテニウム酸ストロンチウム( $\text{SrRuO}_3$ )からなる酸化物導電体であり、ペロブスカイト構造を有している。

また、このような下電極膜60上に形成される圧電体層70は、ペロブスカイト構造を有しており、下地である下電極膜60上にエピタキシャル成長させた薄膜である。そして、圧電体層70の結晶性は、下地である下電極膜60と同じ配向性、すなわち、結晶面方位(100)に配向している。

このような圧電体層70の結晶面方位(100)に含まれる(100)方向は、上述した圧力発生室12の長手方向と同一又は $45^\circ$ の方向であることが好ましい。本実施形態では、圧電体層70の(100)方向を圧力発生室12の長手方向と同一方向とした。これにより、圧電体層70の圧電特性を高めることができる。このような圧電体層70を形成する材料としては、本実施形態では、チタン酸ジルコン酸鉛( $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ ; PZT)からなる強誘電体材料である。したがって、圧電体層70は、結晶面方位が(100)配向した単結晶P



Zr薄膜である。

なお、このような圧電体層70は、例えば、金属有機物を触媒に溶解・分散したいわゆるゾルを塗布乾燥してゲル化し、更に高温で焼成する、いわゆるゾルーゲル法を用いて形成される。具体的には、下電極膜60の結晶面方位と同じ配向で結晶が成長した圧電体層70が形成される。勿論、この圧電体層70の成膜方法は、特に限定されず、例えば、スパッタ法やMOD法等で形成してもよい。

また、本実施形態のように、圧電体層70等を下地と同じ配向にエピタキシャル成長させるためには、例えば、その層を下地の結晶構造及び格子面間隔と類似するように所定の条件で形成することが好ましい。また、下地の表面との間に静電相互作用による反発力のない結晶構造となるように形成することが好ましい。なお、本実施形態では、上述したペロブスカイト構造とフルオライト構造とは構造的に類似しているので、圧電体層70等の各層をエピタキシャル成長させることができる。

何れにしても、このように成膜された圧電体層70は、バルクの圧電体とは異なり結晶が優先配向しており、且つ上述したように、圧電体層70は、結晶が菱面体晶に形成されている。なお、優先配向とは、結晶の配向方向が無秩序ではなく、特定の結晶面がほぼ一定の方向に向いている状態をいう。

上述したように、本実施形態では、弾性膜50（流路形成基板10）上に酸化ジルコニウム層101、酸化セリウム層102及び超電導体層103を順々にエピタキシャル成長させて形成するようにしたので、下電極膜60の結晶面方位を（100）配向とすることができる。

また、本実施形態では、このように下電極膜60の結晶面方位を（100）配向にするようにしたので、圧電体層70の結晶面方位を（100）配向にすることができる。

このように、本実施形態では、圧電体層70は、その結晶面方位が（100）に配向した単結晶構造となり、結晶構造内に粒界は実質的に存在しない。これにより、粒界が圧電素子300の変位に悪影響を及ぼすことなく、圧電体層70に所定の駆動電界を発生させて圧電素子300に所定の変位を行わせることができる。したがって、圧電素子300の変位量を所定値にすることができ、圧電素子

300の圧電特性を略均一にすることができる。また、実質的に最大出力での液体吐出を行うことができる。

ここで、下記実施例1及び比較例1のサンプルを作成し、X線回折(XRD)分析を行った。また、実施例1のサンプルについては、X線極点測定、走査型電子顕微鏡(SEM)写真観察、透過型電子顕微鏡(TEM)写真観察により圧電体層の結晶構造解析を行った。その結果について、図4～図9を参照して詳細に説明する。

なお、図4は、実施例のサンプルのX線回折パターンを示す図である。図5は、実施例のサンプルを結晶構造解析する際に比較対象とした比較例の圧電体層のX線回折パターンを示す図である。また、図6は、実施例及び比較例のサンプルのSEM写真を示す図であって、図6Aが比較例の断面写真であり、図6Bが実施例の断面写真である。さらに、図7は、実施例のサンプルの断面のTEM写真である。図8は、電子回折像であって、図8Aが結晶面方位(100)に配向した圧電体層の菱面体晶系のサンプル像であり、図8Bが下電極膜上に結晶面方位(100)に配向した圧電体層のサンプル像であり、図8Cが実施例の圧電素子像である。図9は、実施例の圧電体層のX線極点測定パターンである。

#### (実施例1)

シリコン単結晶基板上に、PLD(Pulsed Laser Deposition)法によって、イットリア安定化ジルコニア(YSZ)からなる酸化ジルコニウム層と、二酸化セリウム( $\text{CeO}_2$ )からなる酸化セリウム層と、イットリウム-バリウム-銅-酸素系材料(YBCO)からなる超電導体層と、ルテニウム酸ストロンチウム( $\text{SrRuO}_3$ )からなる下電極膜とを順々に積層し、この下電極膜上に、ゾルーゲル法によって、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)からなる圧電体層を成膜して、実施例1の結晶構造解析用のサンプルを作成した。なお、圧電体層のPZT組成は、 $\text{Pb}_{1.16}\text{Zr}_{0.556}\text{Ti}_{0.444}\text{O}_3$ である。

また、成膜条件は、乾燥(180℃、10min)、脱脂(385℃、10min)は各層共通である。また、脱脂の後に行う焼成に関しては、第1層及び第2層は650℃、30minの条件で行い、その他の層(第3層以降)は600

℃、30minの条件で行った。

(比較例1)

実施例1の結晶構造解析する際の比較のため、シリコン単結晶基板上に、白金(Pt)からなる下電極と、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)からなる圧電体層とを順々に積層して、比較例1の結晶構造解析のサンプルを作成した。

以下、上述した実施例1のサンプルの結晶構造解析、特に、圧電体層の結晶構造解析について詳細に説明する。

X線回折パターンの結晶構造解析では、実施例1及び比較例1のサンプルに対して原子・分子の配列間隔と同程度の波長のX線を照射し、サンプルの原子・分子から反射したX線が相互に干渉してできる回折パターンから原子・分子の配列を調べ、実施例1及び比較例1の結晶の配向性をそれぞれ解析した。

実施例1の圧電体層には、図4に示すように、22 [deg] 付近に結晶面方位(100)を表した強度Cの強いピークが検出された。また、45 [deg] 付近に結晶面方位(200)を示す強度Cの強いピークが検出された。このことから、実施例1の圧電体層は、結晶面方位(100)に配向した結晶構造を有していることは明らかである。

一方、比較例1の圧電体層には、図5に示すように、22 [deg] 付近に結晶面方位(100)を示す強度Cの強いピークが検出された。しかし、31 [deg] 付近に結晶面方位(110)を示すピークが検出され、38 [deg] 付近に結晶面方位(111)を示すピークが検出された。さらに、40 [deg] 付近に白金層(Pt)と思われる結晶面方位(111)を示す強度Cの強いピークも検出された。そして、45 [deg] 付近に結晶面方位(200)を示す強度Cの強いピークも検出された。これらのことから、比較例1の圧電体層は、X線回折パターンの結晶構造解析では結晶面方位(100)、(110)及び(111)の混在した配向の多結晶構造を有していることを示している。

また、図4の実施例1の圧電体層では、31、38 [deg] 付近のピークは検出されておらず、このことから、実施例1の圧電体層は、結晶面方位(100)に単独配向していることは明らかである。

次に、走査型電子顕微鏡(SEM)写真観察により、実施例1及び比較例1の

サンプルの結晶構造の解析を行った。また、透過型電子顕微鏡（TEM）写真観察によって、実施例1のサンプルの結晶構造の解析を行った。

図6AのSEM写真から、下電極膜上に図中上方向に延びる柱状の結晶が数多く確認できる。このことから、比較例1の圧電体層は、柱状の結晶構造を有していることは明らかであるが、図6Bの実施例1のSEM写真から、下電極膜上に柱状の結晶は確認できない。

一方、図7のTEM写真から、実施例1の圧電体層中には、粒界が存在しないことは明らかである。

このようなSEM, TEM写真による構造解析からは、実施例1の圧電体層は単結晶構造を有していることが分かった。

なお、上述したように実施例1の結晶構造解析に用いられた図6のSEM写真及び図7のTEM写真からは、シリコン単結晶基板と下電極膜との間に存在する酸化ジルコニウム層、酸化セリウム層及び超電導体層は確認され難いが、これは、3層全体の厚さが10nm程度であるためである。

また、電子回折像での結晶構造解析では、図8Aに示すような圧電体層（PZT）の菱面体晶（Rhombohedral）のサンプル像と、図8Bに示すような圧電体層（PZT）〔結晶面方位（100）〕／下電極膜（BE）のサンプル像とを用意し、実施例1のサンプルの結晶構造解析を行った。

図8Cに示すように、実施例1の圧電体層は、図8A及び図8Bに示すサンプル像と比較すると、結晶面方位（100）の菱面体晶の結晶構造を有していることは明らかである。

さらに、実施例1のサンプルの断面、特に、圧電体層（PZT）の断面のX線極点測定パターンでの結晶構造解析では、図9に示すように、（111）断面及び（110）断面のピークが、それぞれ略同じ回転〔 $\phi$ （°）〕で交互に検出された。このことから、実施例1の圧電体層は、結晶面方位が（100）に配向した菱面体晶系の結晶構造を有していることが明らかである。

以上の結晶構造解析の結果をまとめると、実施例1の圧電体層は、その結晶面方位が（100）に優先配向し、且つ菱面体晶及び単結晶構造を有していることは明らかである。

このように、本実施形態では、結晶面方位が（１００）配向したシリコン単結晶基板からなる流路形成基板１０（弾性膜５０）上に、酸化ジルコニウム層１０１、酸化セリウム層１０２及び超電導体層１０３を順々に積層し、さらに、超電導体層１０３上に、下電極膜６０、圧電体層７０及び上電極膜８０を積層するようにしたので、圧電体層７０の結晶面方位を（１００）配向とすることができる。

このような圧電素子３００が設けられた側の流路形成基板１０上には、図１～図３に示すように、圧電素子３００の運動を阻害しない程度の空間を確保した状態で、その空間を密封可能な圧電素子保持部３２を有する封止基板３０が接合され、圧電素子３００はこの圧電素子保持部３２内に密封されている。

また、封止基板３０には、各圧力発生室１２の共通の液体室となるリザーバ９０の少なくとも一部を構成するリザーバ部３１が設けられ、このリザーバ部３１は、上述のように流路形成基板１０の連通部１３と連通されて各圧力発生室１２の共通の液体室となるリザーバ９０を構成している。

さらに、封止基板３０の圧電素子保持部３２とリザーバ部３１との間、すなわち液体供給路１４に対応する領域には、この封止基板３０を厚さ方向に貫通する接続孔３３が設けられている。また、封止基板３０の圧電素子保持部３２側とは反対側の表面には外部配線３４が設けられている。さらに、この外部配線３４上には、各圧電素子３００を駆動するための駆動ＩＣ３５が実装されている。そして、各圧電素子３００から引き出されたリード電極８５は、この接続孔３３まで延設されており、例えば、ワイヤボンディング等により外部配線３４と接続される。

封止基板３０上には、封止膜４１及び固定板４２とからなるコンプライアンス基板４０が接合されている。ここで、封止膜４１は、剛性が低く可撓性を有する材料（例えば、厚さが６μｍのポリフェニレンサルファイド（ＰＰＳ）フィルム）からなる。また、固定板４２は、金属等の硬質の材料（例えば、厚さが３０μｍのステンレス鋼（ＳＵＳ）等）で形成される。この固定板４２のリザーバ９０に対向する領域には、厚さ方向に完全に除去された開口部４３が形成され、リザーバ９０の一方は可撓性を有する封止膜４１のみで封止されている。

なお、このような液体噴射ヘッドは、図示しない外部液体供給手段から液体を取り込み、リザーバ90からノズル開口21に至るまで内部を液体で満たした後、図示しない駆動回路からの記録信号に従い、外部配線34を介して圧力発生室12に対応するそれぞれの下電極膜60と上電極膜80との間に電圧を印加し、弾性膜50、酸化ジルコニウム層101、酸化セリウム層102、超電導体層103、下電極膜60及び圧電体層70をたわみ変形させることにより、各圧力発生室12内の圧力が高まりノズル開口21から液滴が吐出する。

#### (他の実施形態)

以上、本発明の実施形態を説明したが、本発明の構成は上述したものに限定されるものではない。

例えば、成膜及びリソグラフィプロセスを応用して製造される薄膜型の液体噴射ヘッドを例にしたが、勿論これに限定されるものではなく、例えば、グリーンシートを貼付する等の方法により形成される厚膜型の液体噴射ヘッドにも本発明を採用することができる。

また、このような本発明の液体噴射ヘッドは、液体カートリッジ等と連通する液体流路を具備する噴射ヘッドユニットの一部を構成して、液体噴射装置に搭載される。図10は、その液体噴射装置の一例を示す概略図である。

図10に示すように、液体噴射ヘッドを有する噴射ヘッドユニット1A及び1Bは、液体供給手段を構成するカートリッジ2A及び2Bが着脱可能に設けられ、この噴射ヘッドユニット1A及び1Bを搭載したキャリッジ3は、装置本体4に取り付けられたキャリッジ軸5に軸方向移動自在に設けられている。この噴射ヘッドユニット1A及び1Bは、液体として、例えば、それぞれブラックインク組成物及びカラーインク組成物を吐出するものとしている。

そして、駆動モータ6の駆動力が図示しない複数の歯車およびタイミングベルト7を介してキャリッジ3に伝達されることで、噴射ヘッドユニット1A及び1Bを搭載したキャリッジ3はキャリッジ軸5に沿って移動される。一方、装置本体4にはキャリッジ軸5に沿ってプラテン8が設けられており、図示しない給紙ローラなどにより給紙された紙等の記録媒体である記録シートSがプラテン8上に搬送されるようになっている。

ここで、上述した実施形態においては、本発明の基本的構成は上述したものに限定されるものではない。本発明は、広く液体噴射ヘッドの全般を対象としたものであり、例えば、プリンタ等の画像記録装置に用いられるインクジェット式記録ヘッド等の各種の記録ヘッド、液晶ディスプレイ等のカラーフィルタの製造に用いられる色材噴射ヘッド、有機ELディスプレイ、FED（面発光ディスプレイ）等の電極形成に用いられる電極材料噴射ヘッド、バイオチップ製造に用いられる生体有機物噴射ヘッド等にも適用することができる。勿論、このような液体噴射ヘッドを搭載した液体噴射装置も特に限定されるものではない。

以上説明したように本発明では、圧電体層の結晶構造の単結晶化を実現することができる。また、圧電素子の圧電特性を略均一にすることができると共に最大出力で液体吐出を行うことができる。

## 請求の範囲

1. ノズル開口に連通する圧力発生室が形成される流路形成基板と、該流路形成基板の一方面側に振動板を介して設けられる下電極、圧電体層及び上電極からなる圧電素子とを具備する液体噴射ヘッドにおいて、

前記流路形成基板の一方面側に形成された酸化ジルコニウム層と、該酸化ジルコニウム層上に形成された酸化セリウム層と、該酸化セリウム層上に形成されたイットリウム－バリウム－銅－酸素系材料（YBCO）からなる超電導体層と、該超電導体層上に形成されたルテニウム酸ストロンチウムからなる下電極と、該下電極上に形成された圧電体層とを有することを特徴とする液体噴射ヘッド。

2. 請求項1において、前記下電極の結晶面方位が（100）配向となっており、前記圧電体層の結晶面方位が（100）配向となっていることを特徴とする液体噴射ヘッド。

3. 請求項2において、前記圧力発生室の長手方向は、前記圧電体層の結晶面方位（100）に含まれる（100）方向と同一又は45°の方向であることを特徴とする液体噴射ヘッド。

4. 請求項1において、前記圧電体層は、結晶が菱面体晶であることを特徴とする液体噴射ヘッド。

5. 請求項1において、前記圧電体層は、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）からなることを特徴とする液体噴射ヘッド。

6. 請求項1において、前記圧電体層は、エピタキシャル成長させた単結晶PZT薄膜であることを特徴とする液体噴射ヘッド。

7. 請求項1において、前記流路形成基板は、結晶面方位が（100）であるシリコン単結晶基板であることを特徴とする液体噴射ヘッド。

8. 請求項7において、前記圧力発生室がシリコン単結晶基板にドライエッチングにより形成され、前記圧電素子の各層が成膜及びリソグラフィ法により形成されたものであることを特徴とする液体噴射ヘッド。

9. 請求項1～8の何れかの液体噴射ヘッドを具備することを特徴とする液体噴射装置。



## 要約書

圧電素子の圧電特性を略均一にすることができると共に最大出力で液体吐出を行うことができる液体噴射ヘッド及び液体噴射装置を提供する。

ノズル開口 21 に連通する圧力発生室 12 が形成される流路形成基板 10 と、流路形成基板 10 の一方面側に振動板を介して設けられる下電極 60、圧電体層 70 及び上電極 80 からなる圧電素子 300 とを具備する液体噴射ヘッドにおいて、流路形成基板 10 の一方面側に形成された酸化ジルコニウム層 101 と、酸化ジルコニウム層 101 上に形成された酸化セリウム層と 102、酸化セリウム層 102 上に形成されたイットリウム－バリウム－銅－酸素系材料 (YBCO) からなる超電導体層 103 と、超電導体層 103 上に形成されたルテニウム酸ストロンチウムからなる下電極 60 と、下電極 60 上にエピタキシャル成長された単結晶である圧電体層 70 とを有する。